

GENTENG BETON DENGAN SUBSTITUSI TRAS

Sudarmoko¹

Hariyanto, T.²

ABSTRACT

Concrete, in the broadest sense, is any mass product made by the use of cementing medium. Therefore, concrete tiles is made from Portland Cement and fine aggregate as the filler materials. The increasing of cement price affects on the building cost. Research for qualified and economical concrete tiles needs to be encouraged and developed because cheap concrete tiles will save the construction cost. Trass utilizes to substitute part of the cement used is expected to fulfill this need.

Concrete tile specimens were made from 1 portion of Portland Cement and 3 portions of fine aggregate with water/cement ratio of 0.50. Trass granules diameter of pass filter no. 200 was added to the tile mortar using 10%, 20%, 30%, 40% and 50% proportion to substitute part of the cement used in the same percentage. After the specimens reached 28 days, flexural, water infiltration resistance, and water absorption power tests were conducted.

The test results showed that as the trass content increased the concrete tile flexural strength decreased and the water absorption power increased. The water absorption power of all of the tested specimens met the Indonesian Industrial Standard and the trass content to comply with the standard flexural strength, was 10%. Other contents did not meet the standard. Based on the water infiltration resistance, all of the tested specimens still required additional efforts in order to comply with the requirements.

PENDAHULUAN

Genteng pada umumnya terbuat dari tanah liat yang pembuatannya melewati proses pembakaran. Di samping bahan genteng yang dibuat dari tanah liat ada pula yang terbuat dari beton. Untuk tujuan efisiensi, biaya pemeliharaan gedung harus ditekan serendah mungkin yang antara lain dilakukan dengan pemakaian genteng beton karena memenuhi kriteria kuat, murah, dan mudah dipasang. Genteng beton yang dibuat harus memenuhi syarat-syarat yang terdapat pada peraturan (SII.0447-81, Mutu dan Cara Uji Genteng Beton).

Semen merupakan komponen bahan baku genteng beton yang cukup dominan, yang harganya relatif lebih mahal dibanding komponen lain. Pada penelitian ini sebagian semen akan diganti dengan tras, sehingga diharapkan harga genteng akan lebih murah tanpa terjadi penurunan kualitas, baik kekedapan air, daya serap air, maupun kuat lentur, karena sifat tras yang dapat mengikat kapur memungkinkan pori genteng beton dapat lebih kecil.

TINJAUAN PUSTAKA

Menurut SII.0447-81 genteng beton ialah unsur bangunan yang dipergunakan untuk atap, yang dibuat dari beton dan dibentuk sedemikian rupa dengan ukuran tertentu. Genteng beton dibuat dari campuran semen portland atau sejenisnya, pasir, dan air, dengan atau tanpa memakai pigmen dan bahan tambahan lain, tapi umumnya genteng beton dibuat dari campuran Semen Portland 1 bagian + 3 atau 4 bagian pasir. Pasir yang dipakai adalah yang lolos ayakan 2,4 mm. Adukan/campuran keadaan lembab/semi plastis diletakkan dalam cetakan kemudian ditekan yang dapat dibarengi dengan penggetaran. Bila adukan dicetak dan dipadatkan dengan tenaga manusia, biasanya adukan dibuat agar cair dengan faktor air semen (f.a.s.) 0,4 atau 0,5 lalu dicetak dengan cara menggilas. Demikian pula jika dipakai alat cetak kontinu, caranya hampir sama dengan cara cetak tangan, hanya cetakan terletak di atas ban yang berjalan. Dengan cara ini dapat menghasilkan genteng lebih kurang 1000 buah/jam (Lucky dan Kartoamidjojo, 1987).

Pencetakannya menjadi bentuk tertentu dapat dilakukan secara proses sederhana dengan tangan, atau keseluruhan proses dilakukan secara mekanis dengan mesin. Perawatan (*curing*) genteng beton setelah dibentuk sampai siap untuk diserahkan kepada konsumen, berupa direndam dalam air atau menggunakan proses perawatan dengan uap.

Selama proses perawatan/pengeringan, genteng beton masih terletak pada alas cetakan paling tidak selama satu malam, sehingga akan diperlukan banyak sekali alas cetakan. Dalam usaha mempertinggi kerapatan airnya, permukaan genteng dapat disapu/diulas dengan pasta semen. Setelah genteng dikeraskan satu hari atau satu malam, kemudian disimpan/dirawat dalam rak-rak dengan udara lembab, untuk 3 atau 7 hari lamanya agar proses hidrasi semen dapat berlangsung secara sempurna. Pengerasan dapat dipercepat dengan jalan memberi uap panas dalam ruang pengeringan. Sentuhan terakhir genteng beton dilakukan dengan menyemprot dengan lapisan cat tahan air, yang dapat berupa cat *water base* ataupun *oil base*. Cat *oil base* akan menghasilkan genteng yang lebih berwarna cerah serta lebih awet warnanya. (Lucky dan Kartoamidjojo, 1987).

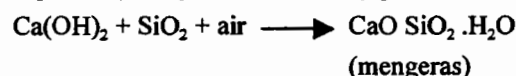
Beton atau mortar diperoleh dengan cara mencampurkan semen Portland, air, dan agregat pada perbandingan tertentu. Campuran tersebut bila dituang dalam cetakan kemudian dibiarkan maka akan mengeras seperti batuan. Pengerasan itu terjadi oleh peristiwa reaksi kimia antara air dan semen, yang berlangsung selama waktu yang panjang, dan akibatnya akan terjadi perubahan bentuk.

¹ Dosen Jurusan Teknik Sipil FT UGM & Staf Ahli IAU Ilmu Teknik UGM

sifat-sifat bahan dasar, nilai perbandingan bahan-bahannya, cara pengadukan, cara pengerjaan selama penuangan adukan beton, cara pemadatan dan cara perawatan selama proses pengerasan.

Semen terbuat dari beberapa unsur pembentuk, dimana dapat disebutkan 4 unsur yang paling penting (Tjokrodinuljo, 1996) yaitu : C_3S , C_2S , C_3A , C_4AF . Unsur C_3S dan C_2S menempati 70%-80% dari total beratnya. Bila semen bertemu dengan air, maka akan terjadi reaksi kimia yang disebut proses hidrasi. Proses ini sangat kompleks dan ada sisa semen yang tidak dapat bereaksi. Hasil utama dari proses tersebut adalah Kalsium Silikat Hidrat ($C_3S \cdot H_2O$ atau C-S-H Gel) dan Kalsium Hidroksida $Ca(OH)_2$ yang merupakan sisa hasil reaksi. $Ca(OH)_2$ jika bertemu dengan senyawa sulfat akan bereaksi dan menyebabkan pengembangan volume yang dapat mengakibatkan keretakan pada beton.

Bila beton itu diberi pozolan (dimana terkandung SiO_2 amorph) maka kapur tadi akan bertemu dengan silika amorph membentuk senyawa kalsium silikat hidrat yang akan menyumbat pipa kapiler yang ada sehingga tertutup, yang mengakibatkan beton lebih rapat air (Lucky dan Kartoamidjojo, 1987).



Tras, yang sebagian besar mengandung unsur silika dan atau aluminat yang reaktif, merupakan salah satu bahan mentah pembuat semen sehingga apabila direaksikan dengan air dan kapur padam pada suhu normal (24-27°C) sudah memungkinkan terjadinya reaksi hidrasi menjadi suatu massa padat yang tidak larut air. Deposit tras alam di Indonesia cukup banyak, terutama di pulau Jawa, yaitu endapan tras di Nagreg, Jawa Barat yang dikenal dengan Tras Nagreg, endapan tras di Klupit, di kaki Gunung Muria, Jawa Tengah yang dikenal sebagai Tras Muria, dan endapan di Wlingi, Jawa Timur yang dikenal sebagai tras Wlingi (Lucky dan Kartoamidjojo, 1987).

Unsur-unsur yang terkandung di dalam tras Nagreg dapat dilihat pada Tabel 1 (Abdullah, 1982).

Tabel 1. Unsur-unsur yang terkandung di dalam tras Nagreg (Abdullah, 1982)

No	Unsur-unsur	Kandungan (%)
1	SiO_2	31,14 - 74,00
2	$(Al_2O_3 + Fe_2O_3)$	14,40 - 53,60
3	CaO	0,10 - 1,78
4	MgO	0,17 - 0,49

Menurut Tjokrodinuljo (1996), tras atau pozolan bila dipakai sebagai pengganti sebagian semen portland umumnya berkisar antara 10 sampai 35 persen berat semen, dan pada umur 28 hari kuat tekannya lebih rendah dari beton normal, namun sesudah 3 bulan (90 hari) kuat tekannya dapat sedikit lebih tinggi. Menurut Lucky dan

- workability* adukan menjadi lebih baik, karena pozolan pada umumnya memiliki partikel butiran yang halus.
- suhu hidrasi beton lebih rendah, karena sebagian jumlah semen telah diganti dengan tras.
- beton menjadi lebih tahan gangguan sulfat yang merusak serta lebih rapat air.

Genteng Beton harus memenuhi standar mutu sesuai SII. 0447 - 81, yaitu harus mempunyai permukaan atas yang mulus, tidak terdapat retak, atau cacat lainnya yang mempengaruhi sifat pemakaian dan bentuknya harus seragam bagi tiap jenis. Genteng harus mampu menahan beban lentur minimum seperti Tabel 2. Daya serap air rata-rata dari contoh uji tidak boleh lebih dari 10 (sepuluh) persen.

Tabel 2. Tingkat mutu genteng beton

Tingkat mutu	Beban lentur rata-rata dari 10 genteng yang diuji (min.) dalam kg	Beban lentur masing-masing genteng (min.) dalam kg
I	150	120
II	80	60

Pada uji perembesan air, maka di sisi bawah pada setiap genteng tidak boleh terjadi tetesan air, meskipun diijinkan basah.

CARA PENELITIAN

A. Bahan

- Air, diambil dari jaringan air bersih di Laboratorium Struktur, Jurusan Teknik Sipil, FT UGM. Pemeriksaan air dilakukan secara visual, dimana air tampak jernih, tidak berbau dan dapat dipakai sebagai air minum.
- Pasir diambil dari Kali Krasak, Sleman, dengan dipakai diameter lolos ayakan 2,40 mm.
- Tras sebagai bahan pengganti sebagian semen portland, berasal dari Nagreg, Kabupaten Bandung, yang dihancurkan/ditumbuk untuk kemudian diayak dengan saringan no.200 agar reaksi antara unsur kapur yang terdapat dalam semen dan tras lebih sempurna.
- Semen Portland Merk Nusantara tipe I, dalam kemasan kantong 50 kg. Pengamatan secara visual, kantong semen tertutup rapat, butirannya halus serta tidak terjadi penggumpalan.

B. Alat

- Ayakan dan Mesin Sieve Shaker
- Timbangan, mistar dan kaliner

3. Cetok, talam baja, dan cetakan benda uji
4. Mesin Uji Beban
5. Oven
6. Alat uji rembesan air

C. Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan Penelitian dilakukan di Laboratorium Struktur Jurusan Teknik Sipil FT-UGM dan Laboratorium Mekanika Bahan PAU-Ilmu Teknik UGM.

1. Tahap persiapan bahan

Tras sebagai substitusi sebagian semen digiling/ditumbuk, kemudian dipakai fraksi yang lolos ayakan no. 200.

Pasir diuji gradasinya dengan mesin *sieve shaker* serta diperiksa kandungan zat organik dan lumpurnya. Setelah memenuhi syarat, kemudian pasir ditimbang dalam keadaan jenuh kering muka sesuai dengan kebutuhan untuk satu takaran satu buah genteng dan dikemas dalam kantong-kantong plastik.

2. Rencana campuran genteng beton

Rencana campuran genteng beton mengikuti Lucky dan Kartoamidjojo (1987) yaitu Semen Portland 1 bagian + 3 atau 4 bagian pasir. Adukan dicampur air dalam keadaan lembab, lalu ditekan. Karena adukan dicetak dan dipadatkan dengan tenaga manusia, maka adukan dibuat agak cair (faktor air semen 0,4 atau 0,5) lalu dicetak dengan cara ditekan sambil digetarkan.

Semen yang disubstitusi dengan tras dengan persentase yang sama adalah sebesar 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%, sehingga berat bahan penyusun untuk tiap-tiap adukan genteng beton seperti disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Berat bahan penyusun genteng beton

No.	Semen (kg)	Tras (kg)	Pasir (kg)	Air (kg)
1	1	0	3	0,5
2	0,90	0,10	3	0,5
3	0,80	0,20	3	0,5
4	0,70	0,30	3	0,5
5	0,60	0,40	3	0,5
6	0,50	0,50	3	0,5

3. Proses pembuatan benda uji

Bahan susun berupa semen, pasir, tras, dan air dipersiapkan dan dipastikan dalam keadaan jenuh kering muka. Bahan penyusun ditimbang sesuai dengan

berat yang diperlukan, tras dan semen dicampur dan diaduk terlebih dahulu di atas talam baja sampai homogen lalu setelah itu dicampur dengan pasir dan diaduk kembali sampai merata diikuti dengan penambahan air sebanyak 75% dari jumlah air yang diperlukan, lalu diaduk lagi dan ditambah sisa air sampai homogen. Kemudian adukan dituang ke dalam cetakan yang sudah diberi lapisan plastik dan diratakan permukaannya.

Cetakan genteng yang terdiri dari bagian atas dan alas (berukuran panjang 43,5 cm; lebar 35 cm; tebal rata-rata 1 cm) yang telah berisi adukan di antara dua bagian cetakan, ditempatkan di atas meja getar dan ditekan dengan dongkrak hidrolik dengan kapasitas 3 ton (tekanan yang diberikan pada dongkrak ini ± 5 ayunan) bersama-sama dengan penggetaran selama ± 2 menit sehingga pemampatan diharapkan dapat cukup sempurna.

Setelah itu cetakan bagian atas dilepas dan genteng hasil cetakan disimpan di tempat yang lembab selama 24 jam, kemudian di hari berikutnya cetakan bagian bawah dilepas untuk dianginkan selama 24 jam, dan diberi tanda dengan nomor. Untuk setiap pengujian kuat lentur, masing-masing variasi benda uji genteng dibuat 10 buah, sesuai dengan persyaratan yang tercantum dalam SII. 0447 - 81.

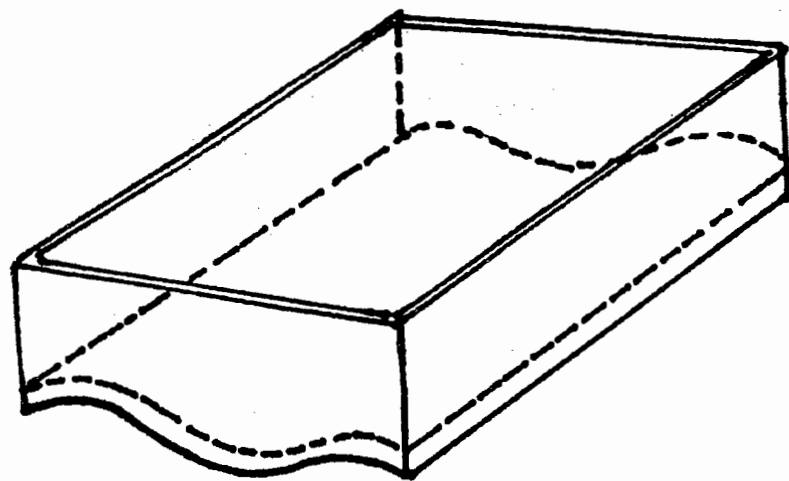
Genteng yang sudah jadi direndam dalam air selama 7 hari. Setelah itu genteng disimpan ditempat yang lembab sampai umur 28 hari dan siap diuji.

4. Pengujian

a) Pengujian ketahanan terhadap perembesan air

Pengujian ketahanan terhadap rembesan air dilakukan terhadap 3 (tiga) buah benda uji untuk masing-masing jenis genteng. Di atas genteng dibuat bak kecil ber dinding kaca yang direkatkan pada permukaan genteng dan sambungan-sambungannya diberi parafin untuk mencegah kebocoran. Pengujian dilakukan dengan cara memberi genangan air setinggi 50 mm dari permukaan atas genteng yang paling rendah seperti terlihat pada Gambar 1.

Setelah 24 jam kemudian diamati sisi bawah genteng terhadap kemungkinan perembesan. Apabila terjadi tetesan air pada salah satu atau lebih dari contoh genteng yang diuji, maka dinyatakan bahwa contoh tidak tahan terhadap perembesan air. Dalam hal genteng hanya menjadi basah, tetapi tidak terjadi tetesan air, maka dapat dinyatakan bahwa genteng tahan terhadap perembesan.

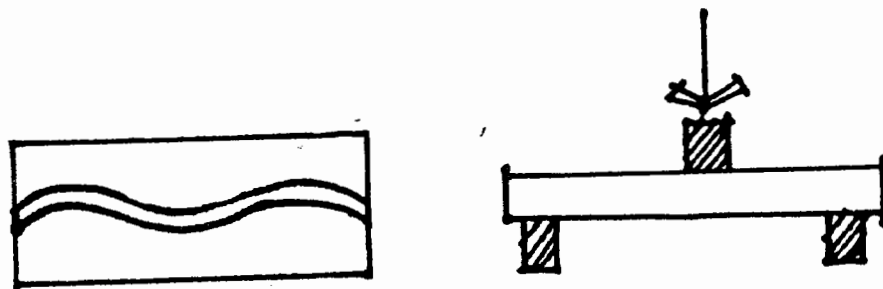


Gambar 1. Pengujian ketahanan terhadap perembesan air

b) Pengujian beban lentur

Pengujian beban lentur dilakukan terhadap semua genteng dengan 10 (sepuluh) buah benda uji untuk tiap-tiap variasi adukan. Pada pengujian ini, genteng beton diuji dalam kondisi jenuh air.

Terlebih dahulu dibuat tumpuan dari kayu dengan lekukan seperti lekukan genteng sehingga beban uji akan ditahan/dipikul oleh seluruh bidang tumpuan. Benda uji diletakkan pada penumpu dengan jarak penumpu diatur sama dengan jarak reng genteng yang bersangkutan. Tumpuan beserta benda uji diletakkan pada alas uji kemudian pisau beban dipasang tepat ditengah-tengah jarak tumpuan (Gambar 2). Kapasitas mesin uji yang digunakan sebesar 13 ton. Kekuatan lentur genteng (dalam kg) dinyatakan sebagai beban lentur rata-rata untuk 10 benda uji.



(a) tampak depan

(b) tampak samping

Gambar 2. Pengujian kuat lentur genteng

c) Pengujian daya serap air

Pecahan genteng hasil uji lentur kemudian diuji daya serap airnya, dengan masing-masing variasi adukan diambil sejumlah 3 (tiga) buah secara acak. Masing-masing benda uji yang dalam keadaan jenuh ditimbang beratnya (A). Kemudian contoh uji dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C-110°C selama 24 jam. Setelah itu contoh dikeluarkan dari oven lalu didinginkan sampai suhu kamar, kemudian ditimbang beratnya (B). Daya serap air dari masing-masing benda uji dihitung sebagai $(A-B)/B$ dinyatakan dalam persen.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Pemeriksaan Pasir

Gradasi pasir menunjukkan sebagian terletak dalam daerah I dan sebagian lagi terletak pada daerah II sehingga termasuk pasir kasar dan agak kasar dan mempunyai modulus halus butir 2,703. Pada umumnya pasir mempunyai modulus halus butir antara 1,5 sampai 3,8 (Tjokrodinuljo, 1996).

Pemeriksaan kandungan lumpur dalam pasir menghasilkan nilai 4,681 % yang lebih kecil dari batas maksimum yang disyaratkan (5 %).

Pemeriksaan kandungan zat organik dengan larutan 3 % NaOH mendapatkan warna air di atas pasir lebih muda dari warna standar menurut PUBI-1982 pasal 11 yang berarti pasir dapat digunakan sebagai bahan susun adukan genteng beton.

B. Pemeriksaan Aktivitas Tras

Hasil pemeriksaan aktivitas tras menunjukkan bahwa tras setelah diuji dengan jarum vicat berdiameter 1 mm dengan berat 800 gram pada hari ke 3 jarum yang masuk sedalam 1,5 mm (data pengujian dapat dilihat pada Tabel 3). NI-20 mensyaratkan jarum (diameter 1 mm) yang masuk dengan beban 800 gram maksimum 2 mm pada hari ke 3 (3 x 24 jam), sehingga tras yang dipakai termasuk aktif.

Tabel 4. Aktivitas tras

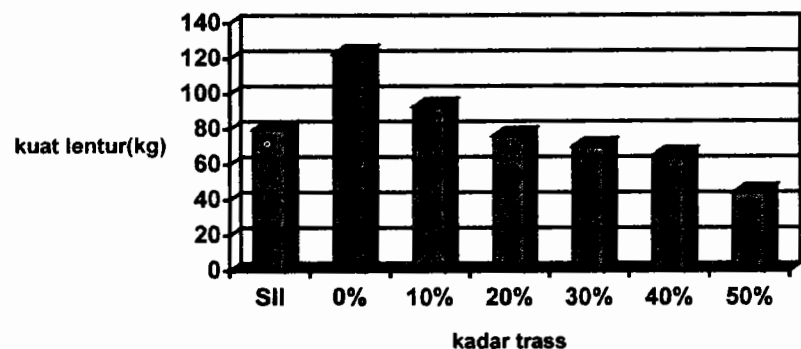
No	Waktu tras setelah dicampur air	Dalamnya jarum vicat yang masuk
1	1 x 24 jam	25 mm
2	2 x 24 jam	5 - 7 mm
3	3 x 24 jam	1,5 mm

D. Pengujian Genteng Beton

1. Pengujian Beban Lentur

Pengujian kuat lentur genteng dilakukan pada umur 28 hari sehingga diharapkan reaksi hidrasi semen sudah mendekati sempurna dengan jumlah 10 (sepuluh) benda uji

untuk masing-masing jenis genteng. Hasil pengujian kuat lentur untuk genteng beton dengan berbagai tingkatan kandungan tras disajikan pada Gambar 3, yang juga menyajikan perbandingan mutu beton yang dinyatakan dalam nilai uji rata-rata untuk 10 benda uji dengan standar SII.0447-81.



Gambar 3. Kuat lentur rata-rata genteng beton

Terlihat bahwa semakin tinggi kadar tras yang menggantikan semen, kekuatan lentur genteng beton semakin rendah. Kuat lentur rata-rata (umur 28 hari) genteng beton tanpa tras dan yang menggunakan tras 10 % masih berada pada tingkat mutu II, sedangkan untuk kandungan tras 20 %, 30 %, 40 %, dan 50 % kuat lentur rata-ratanya sudah di bawah syarat rata-rata tingkat mutu II.

Substitusi semen dengan tras hanya dibatasi sampai dengan 50 % saja, karena substitusi 60 % sudah sangat sulit dilakukan, karena ketika akan dilepas dari cetakan, genteng sudah sangat mudah patah karena daya rekat yang sudah sangat berkurang.

Penambahan tras juga akan mempengaruhi keluarnya air semen (*bleeding*), dimana semakin besar prosentase tras yang ditambahkan *bleeding* yang terjadi makin sedikit dan kekentalan adukannya makin besar sehingga pematatannya semakin sulit. Tras yang ditambahkan akan menyerap air semen yang keluar pada waktu pematatan, yang mengakibatkan efek pelumasan adukan berkurang sehingga adukan menjadi kental dan kemungkinan terjadinya *bleeding* makin sedikit. Genteng beton yang dihasilkan akan semakin berpori sehingga kuat lentur genteng beton semakin menurun.

Genteng beton dengan kandungan tras pengerasannya lebih lambat, karena dengan adanya tras panas hidrasi semen menjadi lebih rendah, sehingga melambatkan proses pengeringan. Reaksi tras baru akan berakhir dan kekuatan mendekati maksimum bila umur genteng sudah mencapai 3 bulan (90 hari), sehingga pengujian pada umur 28 hari belum menunjukkan hasil yang maksimal. Oleh karena tras berfungsi mengikat kapur bebas hasil reaksi hidrasi semen, maka jumlah kebutuhan tras terbatas pada sisa kapur bebas ini. Kelebihan tras hanya akan berfungsi sebagai bahan pengisi yang tidak mempunyai daya ikat. Oleh karena itu dapat dipahami bahwa dengan meningkatnya

kandungan tras, genteng beton menjadi terlalu banyak bahan pengisi dan kurang bahan pengikat sehingga kekuatan lentur genteng beton justru akan semakin menurun.

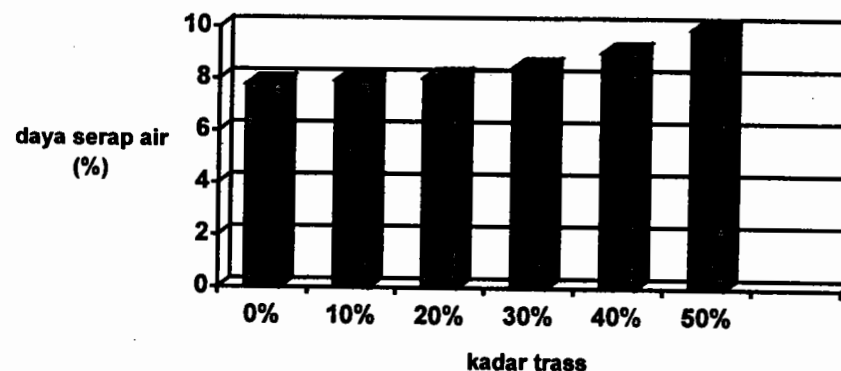
Jika ditinjau dari unsur-unsur kimia yang terkandung di dalam tras Nagreg terlihat bahwa kandungan SiO_2 dalam tras berkisar antara 31,14 - 74,00 % dan jumlah unsur lain, terutama Al_2O_3 dan Fe_2O_3 , jumlahnya relatif banyak (14,40 - 53,60 %). SiO_2 ini yang akan mengikat kapur bebas sisa reaksi hidrasi semen. Al_2O_3 dan Fe_2O_3 adalah unsur-unsur kimia pembentuk senyawa $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ (C_4AF) atau *tetracalcium aluminoferrite*. Senyawa C_4AF bersifat pasif dan tidak memiliki sifat semen sehingga bila jumlahnya terlalu banyak, maka mutu semen yang dihasilkan akan rendah. Kandungan Al_2O_3 dan Fe_2O_3 tras Nagreg yang cukup tinggi mengakibatkan kekuatan lentur genteng beton yang dibuat menjadi menurun sejalan dengan semakin banyaknya kandungan tras pengganti semen.

MgO yang terkandung dalam tras dapat berubah menjadi $\text{Mg}(\text{OH})_2$ yang mempunyai volume lebih besar, sehingga kandungan unsur MgO dibatasi maksimum 5 %. Tras Nagreg memenuhi syarat ini, karena kandungan MgO -nya hanya 0,17 - 0,49 %.

2. Pengujian Daya Serap Air

Hasil pengujian daya serap air terhadap tiga sample untuk masing-masing variasi menunjukkan bahwa benda uji memenuhi persyaratan yang terdapat dalam SII.0447-81, yaitu kurang dari 10 %, seperti diperlihatkan pada Gambar 4.

Semakin besar kandungan tras maka akan semakin besar pula daya serap airnya, yang dikarenakan semakin banyaknya bahan tras yang fungsinya berubah menjadi sebagai bahan pengisi adukan beton. Untuk menghasilkan genteng beton yang rapat, maka seluruh permukaan bahan pengisi harus diselimuti oleh semen, sedangkan semen yang digunakan semakin sedikit sehingga banyak bahan pengisi yang tidak tertutupi oleh lapisan semen yang mengakibatkan daya serap air semakin besar.



Gambar 5. Hubungan daya serap air dengan kadar tras

Hasil pengujian rembesan air dengan genangan air selama 24 jam memperlihatkan bahwa pada semua sampel genteng beton terdapat adanya rembesan dan tetesan air di sisi bawah. Hal ini menunjukkan bahwa genteng tidak tahan terhadap perembesan air. Ketidaksempurnaan pembuatan benda uji akibat tidak presisinya cetakan ataupun pemadatan yang tidak seragam menghasilkan ketebalan genteng tidak merata mulai dari 5 mm sampai 1,5 cm. Dengan ketebalan yang tipis ini (5 mm) air lebih cepat merembes dan mengakibatkan kebocoran. Meskipun demikian penyebab ketidaktahanan rembesan air ini terutama disebabkan oleh hal yang sama seperti pada pengujian daya serap air.

KESIMPULAN

1. Substitusi semen dengan tras akan mengakibatkan kuat lentur genteng beton (umur 28 hari) lebih rendah jika dibandingkan dengan genteng beton tanpa tras. Kadar tras untuk menggantikan semen yang masih menghasilkan genteng sesuai SII tingkat mutu II adalah maksimum 10 %.
2. Daya serap air genteng beton (umur 28 hari) semakin bertambah dengan bertambahnya kandungan tras. Meskipun demikian sampai kadar tras 5%, seluruh benda uji masih menghasilkan nilai daya serap air yang masih memenuhi syarat SII.0447-81.
3. Genteng beton dengan kandungan tras kurang mempunyai daya tahan terhadap perembesan air sehingga masih diperlukan usaha tambahan untuk membuat genteng beton lebih tahan terhadap rembesan air, seperti lapisan cat di permukaannya baik sisi atas maupun bawah.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A, 1982, *Perencanaan Penambangan Endapan Tras di Nagreg Kecamatan Cicalengka Kabupaten Bandung*, Departemen Pertambangan dan Energi.
- Anonim, 1979, *Peraturan Tras & Semen Merah Indonesia (NI-20)*, Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik.
- Anonim, *Mutu dan Cara Uji Genteng Beton (SII 0447-81)*, Departemen Perindustrian.
- Lucky, S dan Kartoamidjojo, S, 1987, *Diktat Teknologi Bahan Jilid I*, Jurusan Teknik Sipil, PEDC-Bandung.
- Lucky, S dan Kartoamidjojo, S, 1987, *Diktat Teknologi Bahan Jilid II*, Jurusan Teknik Sipil, PEDC-Bandung.
- Tjokrodinuljo, K, 1996, *Teknologi Beton*, NAFIRI, Yogyakarta.